

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Juni 2005 (16.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/054040 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B62D 6/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053272

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Dezember 2004 (03.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10357045.4 4. Dezember 2003 (04.12.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO.OHG** [DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GALKOWSKI, Fred** [DE/DE]; Backhausweg 10, 55288 Udenheim (DE).

BERTHOLD, Thomas [DE/DE]; Thomas Berthold, 64293 Darmstadt (DE). **RASTE, Thomas** [DE/DE]; Weisskirchener Str. 15a, 61440 Oberursel (DE). **BAUER, Urs** [DE/DE]; Mainzer Landstr. 763, 65934 Frankfurt am Main (DE).

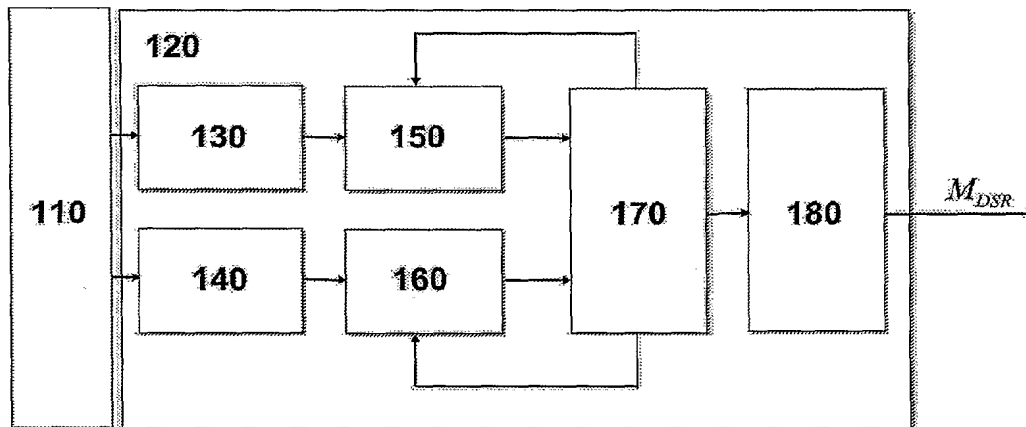
(74) **Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO.OHG**; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR ASSISTING A MOTOR VEHICLE SERVER FOR THE VEHICLE STABILISATION

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM UNTERSTÜTZEN EINES FAHRZEUGBEDIENERS BEIM STABILISIEREN EINES FAHRZEUGS



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for assisting a vehicle server for adjusting a reference steering angle on the steerable wheels in order to stabilise the vehicle consisting in supplying the vehicle steering cable with an additional steering moment which is determined according to the difference between the reference steering angle and a momentary steering angle. The inventive method is characterised in that it consists in evaluating a load moment acting on the steering cable of the vehicle and in determining the additional steering moment according said evaluated value of the load moment. An appropriate device for carrying out the inventive method is also disclosed.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/054040 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterstützen eines Fahrzeugbedieners bei einem Einstellen eines Solllenkwinkels an lenkbaren Rädern eines Fahrzeugs zur Stabilisierung des Fahrzeugs, bei dem ein Lenkstrang des Fahrzeugs mit einem Zusatzlenkmoment beaufschlagt wird, das in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und einem momentanen Lenkwinkel bestimmt wird. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass ein Wert eines auf den Lenkstrang des Fahrzeugs wirkendes Lastmoment geschätzt wird, und dass das Zusatzlenkmoment in Abhängigkeit des geschätzten Wertes für das Lastmoment ermittelt wird. Die Erfindung betrifft zudem eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung.

Verfahren und Vorrichtung zum Unterstützen eines Fahrzeugbedieners beim Stabilisieren eines Fahrzeugs

5

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterstützen eines
Fahrzeugsbedieners bei einem Einstellen eines Solllenkwinkels
10 an lenkbaren Rädern des Fahrzeugs zum Stabilisieren des Fahr-
zeugs, bei dem ein Lenkstrang des Fahrzeugs mit einem Zusatz-
lenkmoment beaufschlagt wird, das in Abhängigkeit einer Ab-
weichung zwischen einem Solllenkwinkel und einem momentanen
Lenkwinkel bestimmt wird.

15

Die Erfindung betrifft zudem eine Vorrichtung zum Unterstüt-
zen eines Fahrzeugbedieners bei einem Einstellen eines Soll-
lenkwinkels an wenigstens einem lenkbaren Rad des Fahrzeugs,
beinhaltend ein Mittel zum Einstellen eines Zusatzlenkmo-
20 ments, das von einer Regeleinheit in Abhängigkeit einer Ab-
weichung zwischen dem Solllenkwinkel und einem momentanen
Lenkwinkel des Fahrzeugs bestimmt wird.

Beim Bremsen auf einer inhomogenen Fahrbahn mit unterschied-
25 lichen Reibwerten auf der linken und rechten Fahrzeuglängs-
seite können asymmetrische Bremskräfte auftreten, die ein
Giermoment bewirken, welches das Fahrzeug in eine Drehbewe-
gung um seine Hochachse versetzt. Um dabei ein Schleudern des
Fahrzeugs zu verhindern, muss der Fahrer durch geeignete
30 Lenkbewegungen ein kompensierendes Giermoment aufbauen, das
dem durch die asymmetrischen Bremskräfte verursachten Moment
entgegenwirkt. Ein Blockieren der Räder sollte dabei auch auf
der Fahrzeugseite mit dem niedrigen Reibwert vermieden wer-
den, da die mit dem Blockieren einhergehende starke Verminde-

- 2 -

5 rung der übertragbaren Seitenführungskraft eines Rades den Aufbau des erforderlichen Kompensationsmoments verhindern kann. Die betrachtete Situation stellt somit hohe Anforderungen, die insbesondere unerfahrene Fahrer regelmäßig überfordern.

Bei Fahrzeugen mit einem Anti-Blockiersystem (ABS) wird das Blockieren der Räder durch einen Regler verhindert. In Situationen der genannten Art verfolgt eine üblicherweise angewandte Regelstrategie dabei einerseits das Ziel, das Fahrzeug durch einen möglichst hohen Bremsdruck in den Radbremsen auf der Fahrzeugseite mit dem höheren Reibwert wirkungsvoll zu verzögern. Andererseits soll der Fahrer nicht durch ein aufgrund von unterschiedlichen Bremskräften auf der Hoch- bzw. 15 Niedrigreibwertseite verursachtes Giermoment überfordert werden. Daher erfolgt die Regelung in den betrachteten Situationen so, dass an der Vorderachse des Fahrzeugs eine Differenz zwischen den Bremsdrücken auf der Hoch- und der Niedrigreibwertseite nur langsam aufgebaut wird, um dem Fahrer so ausreichend Zeit zum Ausführen stabilisierender Lenkbewegungen zu geben. Zudem wird der Bremsdruck an beiden Radbremsen der 20 Hinterachse auf den für die Niedrigreibwertseite zugelassenen Wert begrenzt ("select low"), damit an der Hinterachse ausreichend Seitenführungskraft aufgebaut werden kann, um das Fahrzeug durch Lenkeingriffe zu stabilisieren. 25

Die dargestellten Maßnahmen erlauben dem Fahrer eine einfachere Beherrschung des Fahrzeugs, das Reibwertpotenzial der Hochreibwertseite wird jedoch nicht optimal zur Verzögerung des Fahrzeugs ausgenutzt. Es ist daher vorgeschlagen worden, 30 den Lenkwinkel der lenkbaren Räder des Fahrzeugs in die Fahrstabilitätsregelung einzubeziehen und durch einen Regler und einen geeigneten von diesem angesteuerten Aktuator einen Lenkwinkel einzustellen, der das notwendige Kompensations-

- 3 -

giermoment bewirkt. Das Fahrzeug kann damit schneller und zuverlässiger stabilisiert werden, so dass eine "aggressivere" ABS-Regelstrategie gewählt werden kann, die einen wirkungsvolleren Bremseingriff und damit eine raschere Verzögerung des Fahrzeugs ermöglicht. Ferner wird vermieden, dass das Fahrzeug durch ungenügende oder fehlgerichtete Lenkeingriffe des Fahrers ins Schleudern gerät.

Aus der internationalen Patentanmeldung WO 02/074638 A1 ist es bekannt, den Lenkstrang des Fahrzeugs mit einem Zusatzlenkmoment zu beaufschlagen, das aus einer Abweichung zwischen dem von dem Fahrer eingestellten Lenkwinkel und einer Lenkwinkelanforderung ermittelt wird und durch eine elektronische Servolenkung eingestellt wird. Die Lenkwinkelanforderung wird dabei aus dem geschätzten, auf das Fahrzeug wirkenden Giermoment, aus der Gierrate des Fahrzeugs und aus der Querbefleunigung des Fahrzeugs ermittelt.

Hierdurch wird der durch die Regeleinheit bestimmte Lenkwinkel nicht direkt eingestellt, sondern der Fahrer wird durch das Zusatzlenkmoment beim Einstellen des Lenkwinkels unterstützt.

Bei einer derartigen Regelung ergibt sich jedoch das Problem, dass das Zusatzlenkmoment bei Bremsungen auf einer Fahrbahn mit niedrigen Reibwerten zu große Werte annimmt, wenn die Regelung auf hohe Reibwerte abgestimmt ist oder - wenn die Regelung auf niedrige Reibwerte abgestimmt ist - bei Bremsungen auf einer Fahrbahn mit hohen Reibwerten zu gering ist, um den Fahrer wirkungsvoll zu unterstützen. Dies kann zu fehlerhaften oder ungenügenden Lenkeingriffen des Fahrers führen und wird von diesem oftmals als unkomfortabel wahrgenommen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren gleicher Art so zu verbessern, dass das Fahrzeug

- 4 -

für eine Vielzahl möglicher Fahrsituationen zuverlässiger und komfortabler stabilisiert werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach
5 dem Patentanspruch 1 sowie durch eine Vorrichtung nach dem Patentanspruch 10 gelöst.

Zweckmäßige Weiterbildungen des Verfahrens und der Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche.

10

Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Unterstützen eines Fahrzeugbedieners bei einem Einstellen eines Solllenkwinkels an lenkbaren Rädern eines Fahrzeugs zur Stabilisierung des Fahrzeugs, bei dem ein Lenkstrang des Fahrzeugs mit einem Zusatzlenkmoment beaufschlagt wird, das in Abhängigkeit einer
15 Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und einem momentanen Lenkwinkel gebildet wird, bereit, das sich dadurch auszeichnet, dass ein Wert eines auf den Lenkstrang wirkenden Lastmoments geschätzt wird, und dass das Zusatzlenkmoment in Abhängigkeit des geschätzten Wertes für das Lastmoment ermittelt
20 wird.

Bei dem Lastmoment handelt es sich dabei insbesondere um ein Reifenrückstellmoment, welches auf den Lenkstrang des Fahrzeugs wirkt und durch Seitenführungs- bzw. Querkräfte an den
25 Reifen der lenkbaren Räder des Fahrzeugs verursacht wird.

Durch die Berücksichtigung des Lastmoments wird es dabei ermöglicht, den momentanen Fahrbahnzustand bei den Regelein-
30 griffen zu berücksichtigen. Insbesondere ergibt sich dabei ein unterschiedliches Lastmoment für verschiedene Reibwerte, so dass der Wert des Zusatzlenkmoments den Reibwerten angepasst werden kann. Liegt eine inhomogene Fahrbahn vor, ermöglicht es das erfindungsgemäße Verfahren zudem vorteilhaft,

das Lastmoment zu berücksichtigen, dass in der Summe durch die Reifen verursacht wird, die sich auf unterschiedlichen Reibwerten befinden.

- 5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es dabei vorgesehen, dass das Zusatzlenkmoment aus wenigstens zwei additiven Anteilen gebildet wird, wobei ein erster Anteil in Abhängigkeit der Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und dem momentanen Lenkwinkel bestimmt wird, und wobei ein zweiter Anteil in Abhängigkeit des geschätzten Wertes des Lastmo-
10 ments ermittelt wird.

Dies erlaubt es, den aus der Lenkwinkelabweichung abgeleiteten Regelanteil des Zusatzlenkmoments und den aus dem Lastmo-
15 ment ermittelten Anteil, der als Störanteil angesehen werden kann, unabhängig voneinander zu bestimmen, so dass ein verwendeter Lenkwinkelregler sehr einfach und zuverlässig ausgeführt werden kann.

- 20 Das Lastmoment wird dabei in einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform der Erfindung durch einen Störgrößenbeobachter geschätzt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung
25 ist es vorgesehen, dass ein Anteil des Solllenkwinkels in einem inversen Fahrzeugmodell in Abhängigkeit eines Störgiermoments bestimmt wird.

Damit kann der Solllenkwinkel so bestimmt werden, dass er ei-
30 ne Kompensation des Störgiermoments bewirkt, das durch unterschiedliche Bremskräfte bei einem Bremsvorgang auf einer inhomogenen Fahrbahn hervorgerufen wird.

- 6 -

Es hat sich dabei jedoch gezeigt, dass das Fahrzeug durch ein Einstellen dieses Anteils des Solllenkwinkels nicht immer zuverlässig stabilisiert werden kann. Dies kann beispielsweise auf Fehler bei der Bestimmung des Störgiermoments zurückgeführt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird daher ein weiterer Anteil des Solllenkwinkels in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen einem Gierwinkel des Fahrzeugs und einem vorgegebenen Wert des Gierwinkels bestimmt.

Durch diesen Anteil des Solllenkwinkels kann die Reaktion des Fahrzeugs auf Lenkwinkeländerungen berücksichtigt werden, um das Fahrzeug besonders wirkungsvoll zu stabilisieren. Die Fahrzeugreaktion anhand des Gierwinkels zu charakterisieren, hat sich dabei als besonders vorteilhaft erwiesen.

Insbesondere bei einem Bremsvorgang auf einer inhomogenen Fahrbahn während einer Kurvenfahrt ist es vorteilhaft vorgesehen, dass ein Anteil des Solllenkwinkels ein geschätzter Kurslenkwinkel ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Anteil des Zusatzlenkmoments einen vorgegebenen Betrag hat. Dieser Anteil wird unabhängig von dem Betrag des Solllenkwinkels bestimmt.

Vorzugsweise wird der Anteil des Zusatzlenkmoments mit dem vorgegebenen Betrag für eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Beginn eines Bremsvorgangs auf einer inhomogenen Fahrbahn eingestellt und dann zurückgenommen.

Durch diesen Anteil des Zusatzlenkmoments kann dem Fahrer des Fahrzeugs ein haptisches Signal über das Vorliegen einer

- 7 -

Bremssituation auf einer inhomogenen Fahrbahn gegeben werden. Dieses Signal wird zurückgenommen, um dem Fahrer ein einfaches Einstellen des Solllenkwinkels anhand von Regelanteilen des Zusatzlenkmoments zu ermöglichen.

5

Die Erfindung stellt überdies eine vorteilhafte Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bereit.

10

Die Vorrichtung zum Unterstützen eines Fahrzeugbedieners bei einem Einstellen eines Solllenkwinkels an wenigstens einem lenkbaren Rad des Fahrzeugs zur Stabilisierung des Fahrzeugs, beinhaltend ein Mittel zum Einstellen eines Zusatzlenkmoments, das von einer Regeleinheit in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und einem momentanen

15

Lenkwinkel des Fahrzeugs bestimmt wird, zeichnet sich dadurch aus, dass ein Schätzmittel zum Schätzen eines auf den Lenkstrang wirkenden Lastmoments aus Signalen von in den Lenkstrang eingebrachten Sensoren enthalten ist, wobei das

20

Schätzmittel mit einem weiteren Mittel verbunden ist, das aus in dem Schätzmittel ermittelten Schätzergebnissen für das Lastmoment einen Anteil des Zusatzlenkmoments ermittelt, das durch einen Addierer zu dem durch die Regeleinheit ermittelten Lenkmoment addiert wird, und wobei das Mittel zum Einstellen des Zusatzlenkmoments von dem Ausgangssignal des Ad-

25

dierers angesteuert wird.

30

Bei den Sensoren handelt es sich in einer zweckmäßigen Ausführungsform der Erfindung wenigstens um einen Lenkwinkelsensor, um einen Sensor zum Messen eines den Fahrerlenkwunsch repräsentierenden Handlenkmoments und um einen Sensor zum Messen des Zusatzlenkmoments.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Schätzmittel zum Schätzen des Lastmoments als Stör-

größenbeobachter ausgebildet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem Mittel zum Einstellen des Zusatzlenk-
5 moments um einen Servomotor einer elektrischen Servolenkung.

Dieser ist in einer Vielzahl von Fahrzeugen bereits vorgese-
hen, so dass die Vorrichtung in diesen Fahrzeugen in beson-
ders einfacher Weise bereitgestellt werden kann.

10

In einer ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem Mittel zum Einstellen des Zusatzlenk-
moments um eine hydraulische Servolenkung.

15 In einer noch weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfin-
dung handelt es sich bei dem Mittel zum Einstellen des Zu-
satzlenkmoments um eine Steer-by-Wire-Lenkung.

Zum Einsteuern des haptischen Signals über das Vorliegen ei-
20 ner Bremssituation auf einer inhomogenen Fahrbahn weist die
Vorrichtung in einer noch weiteren vorteilhaften Ausführungs-
form ein Vorsteuermittel auf, das mit dem Addierer verbunden
ist, und welches dem Addierer für eine vorbestimmte Zeitdauer
ein Zusatzlenkmoment mit einem vorbestimmten Wert übergibt.

25

Zum Erkennen eines Bremsvorgangs auf einer inhomogenen Fahr-
bahn und zum Aktivieren der Fahrerunterstützung verfügt die
Vorrichtung in einer ebenfalls bevorzugten Ausgestaltung über
Erkennungsmittel zum Erkennen eines Fahrzustand, welche in
30 Abhängigkeit eines erkannten Fahrzustandes ein Aktivierungs-
signal an einen Multiplikator übermitteln, der das Aktivie-
rungssignal mit dem ermittelten Zusatzlenkmoment multipli-
ziert.

- 9 -

Zweckmäßigerweise nimmt das Aktivierungssignal den Wert 1 an, wenn durch das Erkennungsmittel ein Bremsvorgang auf einer inhomogenen Fahrbahn ermittelt wird.

- 5 Obwohl zweckmäßige und vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung eine Fahrerunterstützung während eines Bremsvorgangs auf einer inhomogenen Fahrbahn vorsehen, ist die Erfindung keineswegs auf diese Anwendungen beschränkt. Sie kann ebenso vorteilhaft im Rahmen einer Anwendung eingesetzt werden, bei
10 der das Zusatzlenkmoment während einer anderen instabilen Fahrsituation, beispielsweise während einer Über- oder Untersteuersituation aufgebracht wird.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung
15 ergeben sich aus der nachfolgenden Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Figuren.

Von den Figuren zeigt:

- 20 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Regelsystems zum Ermitteln eines Zusatzlenkmoments,
- Fig. 2 ein Blockschaltbild mit einer Übersicht über ein Regelsystem zum Ermitteln eines Zusatzlenkmoments bei
25 einem Bremsvorgang auf inhomogener Fahrbahn,
- Fig. 3 eine Ausgestaltung eines Blocks des in dem in der Figur 2 dargestellten Blockschaltbildes zum Bestimmen eines Solllenkwinkels,
30
- Fig. 4 eine erste Ausgestaltung eines Blocks des in dem in der Figur 2 dargestellten Blockschaltbildes zum Schätzen des Lastmoments,

Fig. 5 eine zweite Ausgestaltung eines Blocks des in dem in der Figur 2 dargestellten Blockschaltbildes zum Schätzen des Lastmoments,

5 Fig. 6 eine Ausgestaltung eines Lenkwinkelreglers,

Fig. 7 eine erste Ausgestaltung eines Blocks des in dem in der Figur 2 dargestellten Blockschaltbildes zur Momentenvorsteuerung und

10

Fig. 8 eine Blockschaltbild, das die Limitierung des Zusatzlenkmoments beschreibt.

Es wird von einem zweiachsigen, vierrädrigen Kraftfahrzeug mit lenkbaren Rädern an einer Vorderachse ausgegangen. Die Lenkung des Fahrzeugs ist vorzugsweise als Zahnstangenlenkung ausgeführt, die mit einer elektrischen Servolenkung ausgerüstet ist. Im konventionellen Betrieb der Servolenkung wird der Lenkstrang durch einen EPS-Servomotor (EPS = Electric Power Steering) mit einem zusätzlichen Lenkmoment beaufschlagt, welches das von dem Fahrer aufgebrachte Lenkmoment verstärkt. Der Fahrerlenkwunsch wird dabei anhand eines Handlenkmoments M_H ermittelt, das mittels eines in eine Lenkstange der Lenkung eingebrachten Torsionsstabs gemessen wird.

25

Zum Einstellen einer Zusatzlenkmomentanforderung M_{DSR} (DSR = Driver Steering Recommendation) zur Fahrerunterstützung wird die elektrische Servolenkung genutzt, die dabei von einem Regler beispielsweise über eine Schnittstelle zum CAN-Bus des Fahrzeugs angesteuert wird. Der EPS-Servomotor dient dabei als Aktuator, der das Lenkmoment M_{DSR} in den Lenkstrang einbringt.

30

Erweiterung hierzu ist in den Blöcken 140 und 160 dargestellt, und bezieht sich auf Situation in denen ein Fahrzeug unter- oder übersteuert. Eine Erkennung dieser Situationen kann in dem Block 140 erfolgen und der Steueranteil 160 des Regelsystems kann hier eine angepasste Steuerung des Eingriffs vornehmen. Das Zusatzlenkmoment kann hier beispielsweise in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen der Gierrate $\dot{\delta}$ des Fahrzeugs und einer anhand eines Fahrzeugsmodells ermitteln Referenzgierrate bestimmt werden.

10

Das Blockschaltbild in der Figur 2 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform eines Steuer- und Regelsystems zur Lenkwinkelregelung bei einer μ -split-Bremsung. Dieses umfasst insbesondere einen Block 210 zum Erkennen einer μ -split-Bremsung, einen Block 220, der eine Logikschaltung zum Aktivieren des Regelsystems enthält, einen Block 230 zum Bestimmen eines Solllenkwinkels δ_{soll} , einen Block 240 zum Schätzen eines auf den Lenkstrang wirkenden Lastmoments M_L , einen Block 250 zur Momentenvorsteuerung, einen Lenkwinkelregler 260 sowie einen Block 270 zur Störgrößenaufschaltung.

20

Als Ausgangssignal wird in dem Block 210 zum Erkennen einer μ -Split-Bremsung ein μ -Split-Flag gebildet, das den Wert 1 annimmt wenn eine μ -Split-Bremsung erkannt wird. Andernfalls weist das μ -Split-Flag den Wert 0 auf.

25

Als Eingangssignale des Blocks 210 dienen insbesondere die Gierrate $\dot{\delta}$ des Fahrzeugs, die beispielsweise mit einem Gier ratsensensor gemessen werden kann, die Querb beschleunigung a_y des Fahrzeugs, die beispielsweise mit einem Querb beschleunigungssensor gemessen werden kann, sowie der an den lenkbaren Rädern des Fahrzeugs vorliegende Lenkwinkel δ_R . Dieser kann anhand bekannt Übersetzungsverhältnisse aus dem gemessenen

30

Lenkwinkel δ_L an der Lenksäule oder aus dem gemessenen Aussteuerungswinkel δ_M des EPS-Servomotors bestimmt werden.

Aus diesen Eingangssignalen wird dabei ermittelt, ob sich das Fahrzeug in einer Geradeausfahrt oder in einer Kurvenfahrt befindet. Eine Kurvenfahrt wird dabei beispielsweise dann erkannt, wenn Werte dieser Eingangssignale jeweils einen vorgegebenen Schwellenwert überschreiten, wobei anhand der Vorzeichen dieser Signale ermittelt werden kann, ob es sich um eine Rechts- oder um eine Linkskurve handelt. Die Erkennung einer Geradeausfahrt erfolgt entsprechend dann, wenn die Werte der genannten Eingangssignale kleiner als vorgegebene Schwellenwerte sind.

Ein Bremsvorgang auf einer inhomogenen Fahrbahn wird in dem Block 210 anhand der Referenzgeschwindigkeit v_{ref} des Fahrzeugs sowie anhand von Radgeschwindigkeiten $v_{Rad,i}$ und Bremsdrücken $p_{Rad,i}$ in den Radbremsen am rechten Vorderrad ($i = vr$), am linken Vorderrad ($i = vl$), am rechten Hinterrad ($i = hr$) und am linken Hinterrad ($i = hl$) erkannt.

Insbesondere kann dabei ein Längsschlupf des Rades i durch einen Vergleich der Radgeschwindigkeit $v_{Rad,i}$ und der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit v_{ref} ermittelt werden, der angibt, in welchem Maße das Rad zum Blockieren neigt. Eine analoge Erkennung der Fahrsituation und insbesondere des Längsschlupfes eines Rades wird zur Aktivierung einer ABS-Regelung durchgeführt, die das Blockieren eines Rades durch ein Halten oder Absenken des Bremsdrucks $p_{Rad,i}$ verhindert. Zur Erkennung einer μ -Split-Situation und insbesondere zur Bestimmung des μ -Split-Flags können somit die im Folgenden beschriebenen Regeln verwendet werden. Diese beruhen dabei auch auf der eingangs bereits dargestellten ABS-Regelstrategie der Giermo-

mentbegrenzung an der Vorderachse und des "Select-Low" an der Hinterachse.

Das μ -Split-Flag wird während einer Geradeausfahrt von dem Wert 0 auf den Wert 1 gesetzt, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

a) Ein Vorderrad ist für eine vorbestimmte Zeitdauer in einer ABS-Regelung, während das andere Vorderrad nicht in der ABS-Regelung ist.

b) Beide Vorderräder sind in der ABS-Regelung und eine Differenz der Bremsdrücke $p_{Rad,i}$ an den Vorderrädern überschreitet einen vorbestimmten Schwellenwert.

c) Beide Vorderräder sind für eine vorbestimmte Zeitdauer in einer ABS-Regelung, ein ABS-Blockierdruck an wenigstens einem Vorderrad überschreitet einen vorbestimmten Schwellenwert und der ABS-Blockierdruck an einem Vorderrad beträgt ein vorbestimmtes Vielfaches des Blockierdrucks des anderen Vorderrades.

Das μ -Split-Flag wird während einer Geradeausfahrt von dem Wert 1 auf den Wert 0 gesetzt, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

a) Es ist kein Vorderrad in der ABS-Regelung.

b) Der ABS-Blockierdruck an beiden Vorderrädern ist während einer vorbestimmten Zeitdauer geringer als ein vorgegebener Schwellenwert.

c) Der ABS-Blockierdruck eines Vorderrades beträgt weniger als ein vorbestimmtes Vielfaches des ABS-Blockierdrucks des anderen Vorderrades.

Während einer Kurvenfahrt wird das μ -Split-Flag von dem Wert 0 auf den Wert 1 gesetzt, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- 15 -

- a) Das kurvenäußere Rad kommt zeitlich vor dem kurveninneren Rad in eine ABS-Regelung.
- b) Beide Vorderräder sind für eine vorbestimmte Zeitdauer in der ABS-Regelung und mindestens ein Vorderrad weist einen
5 ABS-Blockierdruck auf, der einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, und der ABS-Blockierdruck am kurveninneren Vorderrad beträgt wenigstens ein vorbestimmtes Vielfaches des ABS-Blockierdrucks des kurvenäußeren Vorderrades.

10

Das μ -Split-Flag wird während einer Kurvenfahrt von dem Wert 1 auf den Wert 0 gesetzt, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) Es ist kein Vorderrad in der ABS-Regelung.
- 15 b) Der ABS-Blockierdruck beider Vorderräder ist während einer vorbestimmten Zeitdauer geringer als ein vorbestimmter Schwellenwert.
- c) Der ABS-Blockierdruck an dem kurveninneren Vorderrad ist geringer als ein vorgegebenes Vielfaches des ABS-
20 Blockierdrucks an dem kurvenäußeren Vorderrad.

Das μ -Split-Flag dient als Eingangssignal für den Block 220, der die Aktivierungslogik für das Regelsystem enthält.

- 25 Bei einem Zündungsneustart wird ein μ -Split-Aktiv-Flag, welches das Ausgangssignal des Blocks 220 darstellt, auf den Wert 0 gesetzt. Eine Änderung auf den Wert 1 wird insbesondere dann vorgenommen, wenn das μ -Split-Flag den Wert 1 angenommen hat.

30

Vorzugsweise müssen jedoch ebenfalls eine oder mehrere zusätzliche Bedingungen erfüllt sein, damit das μ -Split-Aktiv-Flag den Wert 1 annimmt. Derartige Bedingungen werden beispielsweise ebenfalls zur Aktivierung einer ABS-Regelung oder

einer Giermomentkompensation durch ein ESP-System in einer μ -Split-Situation untersucht.

Beispielsweise wird das μ -Split-Flag dann auf den Wert 1 gesetzt, wenn zusätzlich eine Differenz des Reibwertes für rechts- und linksseitige Räder, die in einem ABS-Regler geschätzt wird, einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet und/oder wenn die Abweichung zwischen dem Lenkwinkel δ_R und dem berechneten Solllenkwinkel δ_{soll} einen vorgegeben Schwellenwert überschreitet. Ferner können die Ergebnisse einer Fahrsituationserkennung, die in einem ABS- und/oder ESP-System durchgeführt wird, in der Aktivierungslogik berücksichtigt werden.

Das μ -Split-Aktiv-Flag wird von dem Wert 1 auf den Wert 0 zurückgesetzt, wenn das μ -Split-Flag den Wert 0 annimmt bzw. eine oder mehrere der übrigen berücksichtigten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Bei Bedingungen denen ein Vergleich einer Größe mit einem Schwellenwert zugrunde liegt, werden dabei vorzugsweise andere Schwellenwert verwendet als bei der Aktivierung zuvor, so dass die Regelung durch eine Hysterese beruhigt wird.

Die Bestimmung des Solllenkwinkels δ_{soll} erfolgt in dem Block 230, dessen Eingangssignale der Lenkwinkel δ_R an den lenkbaren Rädern des Fahrzeugs, die Bremsdrücke $p_{Rad,i}$ an den Radbremsen sowie die Referenzgeschwindigkeit v_{ref} , die Gierrate $\dot{\delta}$ und die Querbesehleunigung a_y des Fahrzeugs sind. Eine bevorzugte Ausführungsform dieses Blocks ist in der Figur 3 als Blockschaltbild dargestellt.

In dem Block 310 wird ein Störgiermoment M_z geschätzt, das durch die unterschiedlichen Bremskräfte $F_{x,i}$ ($i = vr, vl, hr,$

hl) an den Rädern des Fahrzeugs in einer μ -Split-Situation bewirkt wird.

Aus einer Gleichgewichtsbedingung für Drehmomente um die
5 Hochachse des Fahrzeugs ergibt sich dabei:

$$M_z = \cos(\delta_R) \cdot \{s_l \cdot F_{x,vl} - s_r \cdot F_{x,vr}\} - \sin(\delta_R) \cdot l_v \cdot \{F_{x,hl} - F_{x,hr}\} + s_l \cdot F_{x,hl} - s_r \cdot F_{x,hr} \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet s_l den Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Fahrzeugs und dem linken Radaufstandspunkt in Fahrzeugquerrichtung, s_r den Abstand zwischen dem Schwerpunkt des
10 Fahrzeugs und dem rechten Radaufstandspunkt in Fahrzeugquerrichtung und l_v den Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Fahrzeugs und der Vorderachse in Fahrzeuglängsrichtung.

15 In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein Blockieren der Räder des Fahrzeugs durch eine ABS-Regelung verhindert. Es kann somit von einem linearen Zusammenhang zwischen den Bremskräften $F_{x,i}$ an den Rädern und den Bremsdrücken $p_{Rad,i}$ in den Radbremsen ausgegangen werden, so dass die
20 Bremskräfte $F_{x,i}$ anhand der folgenden Beziehung bestimmt werden:

$$F_{x,i} = K_{pi} \cdot p_{Rad,i} \quad (i = vr, vl, hr, hl) \quad (2)$$

Die Proportionalitätskonstanten K_{pi} werden dabei beispielsweise in Fahrversuchen bestimmt und in dem Block 310 gespeichert.
25

Anhand des Störgiermoments M_z , welches von dem Block 310 an den Block 320 übergeben wird, wird ein erster Anteil $\delta_{Soll,1}$
30 des Solllenkwinkels δ_{Soll} in einem inversen Fahrzeugmodell bestimmt, wobei vorzugsweise ein lineares Einspurmodell zugrunde gelegt wird. Dabei wird der Zusammenhang zwischen Stör-

giermoment M_Z und Lenkwinkel für einen stationären Fahrzustand linearisiert.

Der ersten Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,1}$ wird daher durch eine Multiplikation des Störgiermoments M_Z mit einem geeigneten Verstärkungsfaktor K_M ermittelt:

$$\delta_{soll,1} = K_M \cdot M_Z \quad (3)$$

Es hat sich dabei gezeigt, dass der Zusammenhang in Gleichung 3 Abhängigkeiten von der Fahrzeuggeschwindigkeit v_{ref} und den Bremsdrücken $p_{Rad,i}$ aufweist. Infolgedessen wird der Verstärkungsfaktor K_M in Abhängigkeit dieser Größen, beispielsweise anhand von Kennlinien bestimmt, die in Fahrversuchen ermittelt werden.

15

Es hat sich ferner gezeigt, dass die Bremsdrücke $p_{Rad,hr}$ und $p_{Rad,hl}$ in den Radbremsen der Hinterachse nur einen geringen Einfluss haben. Ferner können die Bremsdrücke $p_{Rad,vr}$ und $p_{Rad,vl}$ in den Radbremsen der Vorderachse zusammengefasst werden. In einer bevorzugten Ausführungsform des Blocks 320 wird der Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,1}$ daher anhand einer Beziehung der folgenden Form bestimmt:

20

$$\delta_{soll,1} = K_M(v_{ref}, \{p_{Rad,vl} + p_{Rad,vr}\} / 2) \cdot M_Z \quad (4)$$

Insbesondere aufgrund von wechselnden Betriebsbedingungen der Fahrzeugbremsen, wie wechselnden Betriebstemperaturen oder fortschreitender Abnutzung der Bremsbeläge, oder aufgrund von Ungenauigkeiten in der Bestimmung der Bremsdrücke $p_{Rad,i}$ in den Radbremsen, könnte es zu fehlerhaften Berechnungen des Solllenkwinkels δ_{soll} kommen, wenn nur der anhand von Gleichung 4 ermittelte Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,1}$ berücksichtigt werden würde.

30

Daher ist es vorgesehen, einen zweiten Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,2}$ zu bestimmen, in dem die tatsächliche Reaktion des Fahrzeugs auf Lenkbewegungen des Fahrers berücksichtigt wird. Es hat sich dabei gezeigt, dass das Fahrzeug besonders wirkungsvoll stabilisiert werden kann, wenn der zweite Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,2}$ aus einer Abweichung eines Gierwinkels ψ des Fahrzeugs von einem vorgegebenen Schwellenwert δ_{th} ermittelt wird.

- 10 Die Bestimmung des Gierwinkels δ erfolgt in einer zweckmäßigen Ausführungsform der Erfindung durch eine Integration der gemessenen Gierrate $\dot{\delta}$, die unter der Bedingung vorgenommen wird, dass das Fahrzeug geradeaus fährt. Damit kann der Integration ein Anfangswert von $\delta_0 = 0$ für den Gierwinkel δ
- 15 zugrunde gelegt werden.

In dem Block 320 wird dabei durch einen fortwährenden Vergleich der Eingangssignale δ_R , a_y und $\dot{\delta}$ mit zugehörigen Schwellenwerten während einer Zeitdauer $\Delta t_{Vorgeschichte}$ vor dem

20 Beginn des Bremsvorgangs zum Zeitpunkt t_0 überprüft, ob dass Fahrzeug geradeaus fährt.

In einer bevorzugten Realisierung, in der von einem Rechenzyklus der Länge Δt_{Loop} ausgegangen wird, ist es dabei vorgesehen, dass die Integration der Gierrate $\dot{\delta}$ mit dem Anfangswert $\psi_0 = 0$ durchgeführt wird, wenn für eine vorbestimmte Anzahl $n = \Delta t_{Vorgeschichte} / \Delta t_{Loop}$ von Rechenzyklen vor dem Beginn des Bremsvorgangs zum Zeitpunkt t_0 die Bedingungen

$$|\delta_R| < \delta_0, \quad |a_y| < a_0 \quad \text{und} \quad |\dot{\delta}| < \dot{\delta}_0$$

- 30 erfüllt sind, wobei δ_0 , a_0 und $\dot{\delta}_0$ vorgegebene Schwellenwerte sind.

- 20 -

Der Gierwinkel δ wird im k-ten Rechenzyklus ab dem Beginn des Bremsvorgangs in dem Block 320 mittels der Beziehung

$$\delta_{k+1} = \dot{\delta}_k \cdot \Delta t_{loop} + \delta_k \quad (5)$$

berechnet. Es kann jedoch gleichfalls ein anderes, dem Fachmann bekanntes Integrationsverfahren angewendet werden.

Der zweite Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,2}$ wird vorzugsweise berücksichtigt, wenn der Betrag des anhand der Gleichung 5 ermittelten Gierwinkels δ einen vorbestimmten Schwellenwert δ_{th} überschreitet. Er ergibt sich in einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung aus der Abweichung zwischen dem Gierwinkel δ und dem Schwellenwert δ_{th} und einem geeignet gewählten Verstärkungsfaktor K_μ , der beispielsweise in Fahrversuchen ermittelt wird:

$$\delta_{soll,2} = \begin{cases} -K_\delta \cdot (\delta - \delta_{th}), & \delta > \delta_{th} \\ -K_\delta \cdot (\delta + \delta_{th}), & \delta < -\delta_{th} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (6)$$

Der Solllenkwinkel δ_{soll} ergibt sich bei einer μ -Split-Bremsung während einer Geradeausfahrt vorzugsweise als Summe der beiden Solllenkwinkelanteile $\delta_{soll,1}$ und $\delta_{soll,2}$:

$$\delta_{soll} = \delta_{soll,1} + \delta_{soll,2} \quad (7)$$

Bei einer μ -Split-Bremsung während einer Kurvenfahrt ist es vorzugsweise vorgesehen, den zweiten Solllenkwinkelanteil $\delta_{soll,2}$ nicht zu berücksichtigen, der unter den Bedingungen einer Bremsung während einer Geradeausfahrt bestimmt wird.

Ferner kann der Lenkwinkel, der von dem Fahrer bei einer μ -Split-Bremsung während einer Kurvenfahrt einzustellende Solllenkwinkel $\delta_{soll,Kurve}$ in einen ersten Anteil zur Kompensation des Störgiermoments M_Z und einen zweiten Anteil δ_{Kurs} aufgeteilt werden, der dem eigentlichen Kurslenkwinkel entspricht.

Der Kurslenkwinkel kann in der betrachteten Situation jedoch nicht gemessen werden, sondern wird in einem Fahrzeugmodell ermittelt. Vorzugsweise wird hier wiederum das lineare Einspurmodell zugrunde gelegt, in dem bei einer stationären Kurvenfahrt folgender Zusammenhang gilt, bei dem EG den Eigenlenkgradienten bezeichnet:

$$\delta_{Kurs} = \left(\frac{l}{v_{ref}^2} + EG \right) a_y \quad (8)$$

Entsprechend dieser Gleichung wird der Kurslenkwinkel δ_{Kurs} in dem Block 320 aus den Eingangssignalen v_{ref} und a_y bestimmt.

Dabei hat es sich gezeigt, dass es bei einer fortwährenden Berechnung des Kurslenkwinkel δ_{Kurs} während des Bremsvorgangs zu Ungenauigkeiten kommen kann, die insbesondere auf eine Beeinflussung der Querbewegung a_y durch den Bremseneingriff zurückzuführen sind.

Als vorteilhaft hat es sich daher erwiesen, den Kurslenkwinkel $\delta_{Kurs}(t_0)$ bei der Bestimmung des Solllenkwinkels $\delta_{Soll,Kurve}$ zugrunde zu legen, der beim Beginn des Bremsvorgangs zum Zeitpunkt t_0 vorliegt.

Die Lenkwinkelregelung kann damit in einer Kurve jedoch nur für eine begrenzte Zeitdauer durchgeführt werden, in der keine signifikante Änderung des von dem Fahrer gewünschten Kurslenkwinkels zu erwarten ist.

Als Solllenkwinkelanteil zur Kompensation des durch die unterschiedlichen Bremskräfte während des Bremsvorgangs verursachten Störgiermoments M_z kann auch für eine μ -Split-Bremsung während einer Kurvenfahrt der Solllenkwinkelanteil $\delta_{Soll,1}$

verwendet werden, der in der vorbeschriebenen Weise in dem Block 320 ermittelt wird.

Der bei einem Bremsvorgang während einer Kurvenfahrt ermittelte Solllenkwinkel $\delta_{Soll,Kurve}$ setzt sich additiv aus dem Solllenkwinkelanteil $\delta_{Soll,1}$ und dem Kurslenkwinkel δ_{Kurs} zum Zeitpunkt t_0 zusammen:

$$\delta_{Soll,Kurve} = \delta_{Kurs}(t_0) + \delta_{Soll,1} \quad (9)$$

Der in dem Block 230 in der vorbeschriebenen Weise ermittelte situationsabhängige Solllenkwinkel δ_{Soll} bzw. $\delta_{Soll,Kurve}$ wird an die Aktivierungslogik in Block 220, an den Block 250 zur Momentenvorsteuerung und an den Lenkwinkelregler 260 übergeben.

Der Block 240 in Figur 2 dient zur Schätzung des Lastmoments M_L , das den Lenkbewegungen des Fahrzeugbedieners entgegenwirkt und mit dem ein von der Seitenführungskraft und von Querkräften am Reifen verursachtes Reifenrückstellmoment berücksichtigt wird. Anhand des Lastmoments M_L können somit die vorliegende Fahrbahnbeschaffenheit und insbesondere der momentane Fahrbahnbelag in dem Regelsystem berücksichtigt werden. So kann beispielsweise bei einer Bremsung auf Eis ein kleineres Lenkmoment M_{DSR} eingestellt werden als bei einer Bremsung auf Asphalt.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des Blocks 240 ist in der Figur als Blockschaltbild dargestellt.

Das Lastmoment M_L wird dabei aus dem Handmoment M_H , dem Motormoment M_M des EPS-Servomotors, sowie aus dem auf die Lenksäule bezogenen von dem Fahrer eingestellten Lenkwinkel δ_L sowie dessen Änderungsrate $\dot{\delta}_L$ bestimmt. Das Handlenkmoment M_H wird dabei, wie zuvor bereits erläutert, an der Lenkstange gemessen. Das Motormoment M_M des EPS-Servomotors wird gemes-

sen oder aus einer Betriebsgröße des Motors, wie beispielsweise dem Motorstrom, bestimmt. Es kann ebenso auch das Motorsollmoment, welches von der EPS-Steuereinheit gebildet wird, verwendet werden, wenn sichergestellt ist, dass diese
 5 Größe ausreichend genau und dynamisch von der EPS-Anlage eingestellt wird.

Zur Umrechnung der Größen auf einen gemeinsamen Bezugspunkt innerhalb des Lenkstrangs werden die Übersetzung $i_L = \delta_L / \delta_R$
 10 zwischen dem auf die Lenksäule bezogenen Lenkwinkel δ_L und dem auf die lenkbaren Räder bezogenen Lenkwinkel δ_R und die Übersetzung $i_M = \delta_M / \delta_R$ zwischen dem Aussteuerungswinkel δ_M der Welle des EPS-Servomotors und dem Lenkwinkel δ_R an den lenkbaren Rädern verwendet, wobei im Folgenden von einer Auswertung
 15 in Bezug auf die Lenksäule ausgegangen wird.

Die Bestimmung des Lastmoments M_L entspricht einer Ermittlung durch einen so genannten Störgrößenbeobachter. Ein Modell des Lenkstrangs wird dabei durch die folgende Gleichung beschrieben:
 20

$$\ddot{\delta}_L = \frac{(M_M \cdot i_M / i_L + M_H - M_I - M_L)}{J} \quad (10)$$

Hierbei bezeichnet $\ddot{\delta}_L$ eine geschätzte Lenkwinkelbeschleunigung und J das Trägheitsmoment des Lenkstrangs.

25 Das Handmoment M_H und das Motormoment M_M des EPS-Servomotors wirken entsprechend der Modellgleichung 10 in die gleiche Richtung, zu diesen entgegengesetzt wirken ein inneres Lenkmoment M_I und das Lastmoment M_L .

30 Durch das innere Lenkmoment M_I werden durch viskose (Stoke'sche) und Coulomb'sche Reibung innerhalb des Lenkstrangs verursachte Momente, die durch ein Gleiten auf geschmierten und trockenen Kontaktflächen entstehen, und mit einer Auslenkung

einhergehende Rückstellmomente (Federwirkung) berücksichtigt, so dass ein Ausdruck der folgenden Form zugrunde gelegt wird:

$$M_I = K_S \cdot \dot{\hat{\delta}}_L + K_C \cdot \text{sign}(\dot{\hat{\delta}}_{LS}) + K_F \cdot \hat{\delta}_L \quad (11)$$

- 5 Die Konstanten K_S , K_C und K_F werden dabei in Fahrversuchen ermittelt.

Die geschätzte Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\hat{\delta}}_L$ sowie der geschätzte Lenkwinkel $\hat{\delta}_L$ werden durch Integration aus der geschätzten Lenkwinkelbeschleunigung $\ddot{\hat{\delta}}_L$ bestimmt:

$$\dot{\hat{\delta}}_L = \int \ddot{\hat{\delta}}_L dt \quad \text{und} \quad \hat{\delta}_L = \int \dot{\hat{\delta}}_L dt \quad (12)$$

Ein Schätzwert für das Lastmoment M_L , der zum Eingang des Störgrößenbeobachters rückgekoppelt wird, ergibt sich aus der Differenz zwischen der geschätzten Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\hat{\delta}}_L$ und der gemessenen Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\delta}_L$ sowie der Differenz zwischen dem geschätzten Lenkwinkel $\hat{\delta}_L$ und dem gemessenen Lenkwinkel δ_L :

$$M_L = h_1 \cdot (\dot{\hat{\delta}}_L - \dot{\delta}_L) + h_2 \cdot (\hat{\delta}_L - \delta_L) \quad (13)$$

Die Verstärkungsfaktoren h_1 und h_2 werden dabei in Fahrversuchen bestimmt, so dass das System insbesondere stabil ist und hinreichend genaue Werte für das Lastlenkmoment M_L bestimmt werden können.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung des Blocks 240 zur Lastmomentschätzung ist in der Figur 5 dargestellt. Hier wird ein lineares Modell des Lenkstrangs verwendet, in dem der nichtlineare Term des vorbeschriebenen Modells, der sich auf die Coulomb'sche Reibung innerhalb des Lenkstrangs bezieht, nicht berücksichtigt wird.

Das innere Lenkmoment M_I hat in diesem Modell somit die Form:

- 25 -

$$M_I = c_1 \hat{\delta}_L + d_1 \dot{\hat{\delta}}_L \quad (14)$$

Die Proportionalitätskonstanten c_1 und d_1 können dabei wiederum in Fahrversuchen ermittelt werden.

5

Die geschätzte Lenkwinkelbeschleunigung $\ddot{\hat{\delta}}_L$ wird auch in dieser Ausführungsform des Blocks 240 anhand der Modellgleichung 10 berechnet, wobei hier das in Gleichung 14 angegebene innere Lenkmoment M_I zugrunde gelegt wird.

10

Durch eine erste Integration erhält man daraus den geschätzten Wert $\dot{\hat{\delta}}_L$ für die Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\delta}_L$, eine weitere Integration liefert aus der geschätzten Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\hat{\delta}}_L$ einen geschätzten Lenkwinkel $\hat{\delta}_L$.

15

In dem Störgrößenbeobachter in der in Figur 5 dargestellten Ausführungsform wird die zeitliche Ableitung \dot{M}_L des geschätzten Lastmoment M_L aus der Abweichung zwischen dem geschätzten Lenkwinkel $\hat{\delta}_L$ und dem gemessenen Lenkwinkel δ_L und aus der Abweichung zwischen der geschätzten Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\hat{\delta}}_L$ und der aus den Messwerten eines Lenkwinkelsensors abgeleiteten Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\delta}_L$ ermittelt, die hier über eine Verstärkungsmatrix L zum Eingang des Störgrößenbeobachters rückgekoppelt werden. Es gilt somit:

20

25

$$\dot{M}_L = L_{31}(\delta_L - \hat{\delta}_L) + L_{32}(\dot{\delta}_L - \dot{\hat{\delta}}_L) \quad (15)$$

Das geschätzte Lastmoment M_L ergibt sich durch Integration aus dessen zeitlicher Ableitung \dot{M}_L .

30

Über die Verstärkungsmatrix L können zudem die geschätzte Lenkwinkelbeschleunigung $\ddot{\hat{\delta}}_L$ und die geschätzte Lenkwinkelge-

schwindigkeit $\dot{\delta}_L$ direkt anhand der Abweichungen zwischen den geschätzten Größen $\hat{\delta}_L$ sowie $\dot{\hat{\delta}}_L$ und den entsprechenden aus Messsignalen ermittelten Größen δ_L und $\dot{\delta}_L$ angepasst werden.

- 5 Zur Auslegung der Verstärkungen L_{ij} der Verstärkungsmatrix L können Standardverfahren der Regelungstheorie verwendet werden. Sie können beispielsweise durch Polvorgabe ermittelt werden.
- 10 Durch Multiplikation mit einem Faktor i_L kann das Lastmoment M_L , das in dem Block 240 zunächst auf die Lenkstange bezogen bestimmt wird, auf die lenkbaren Räder des Fahrzeugs bezogen werden.
- 15 Das geschätzte Lastmoment M_L wird an den Block 250 zur Momentenvorsteuerung und an den Block 270 zur Störgrößenaufschaltung übergeben.

In dem Block 250 wird dabei in Abhängigkeit des Lastlenkmoments M_L ein Steueranteil M_{Steuer} des Zusatzlenkmoments bestimmt. Dieser setzt sich vorzugsweise aus einem "direkten" Anteil $M_{Steuer,0}$ und einem weiteren Anteil zusammen, der proportional zur Abweichung zwischen dem von dem Fahrer an den lenkbaren Rädern des Fahrzeugs eingestellten Lenkwinkel δ_R und dem Solllenkwinkel δ_{Soll} ist, wobei bei einer μ -Split-Bremssung während einer Kurvenfahrt der Solllenkwinkel $\delta_{Soll,Kurve}$ zugrunde gelegt wird:

$$M_{Steuer} = M_{Steuer,0} \cdot \text{sgn}(\delta_{Soll} - \delta_R) + m_{Steuer} \cdot (\delta_{Soll} - \delta_R) \quad (16)$$

- 30 Es ist dabei vorgesehen, das Vorsteuermoment M_{Steuer} zu Beginn eines Bremsvorgangs auf einer inhomogenen Fahrbahn einzustellen, um den Fahrer durch einen spürbaren Impuls auf die bestehende Gefahrensituation aufmerksam zu machen und ihm

zugleich bereits einen Hinweis darauf zu geben, in welche Richtung er lenken muss, um das Fahrzeug zu stabilisieren. Durch den Faktor $\text{sgn}(\delta_{\text{Soll}} - \delta_R)$ in Gleichung 16 wird dabei sichergestellt, dass der direkte Anteil des Vorsteuermoments M_{Steuer} das richtige Vorzeichen aufweist.

Nach einer vorbestimmten Zeitdauer Δt_{Steuer} , die mit dem Beginn des Bremsvorgangs zum Zeitpunkt t_0 beginnt, wird der Steueranteil M_{Steuer} des Zusatzlenkmoments zurückgenommen, so dass sich folgendes zeitliches Verhalten für den Steueranteil M_{Steuer} ergibt:

$$M_{\text{Steuer}}(t) = \begin{cases} M_{\text{Steuer}}, & t_0 < t < t_0 + \delta t_{\text{Steuer}} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (15)$$

Es hat sich ferner gezeigt, dass der Eingriff anhand des Vorsteuermoments M_{Steuer} besonders komfortabel für den Fahrer vorgenommen werden kann, wenn der Wert der Faktoren $M_{\text{Steuer},0}$ und m_{Steuer} mit abnehmender Fahrzeuggeschwindigkeit v_{ref} verringert und mit zunehmendem Lastmoment M_L vergrößert wird. Dies entspricht einer komfortablen Anpassung des Vorsteuermoments M_{Steuer} an die Fahrsituation und an den vorliegenden Reibwert der Fahrbahn.

Die Faktoren $M_{\text{Steuer},0}$ und m_{Steuer} werden daher in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung in der folgenden Form gewählt:

$$M_{\text{Steuer},0} = f(v_{\text{ref}}, M_L) = K_{M,0} + K_{M,1} \cdot (v_{M,0} - v_{\text{ref}}) + K_{M,2} \cdot M_L \quad (16)$$

$$m_{\text{Steuer}} = f(v_{\text{ref}}, M_L) = K_{m,0} + K_{m,1} \cdot (v_{m,0} - v_{\text{ref}}) + K_{m,2} \cdot M_L \quad (17)$$

Die Konstanten $K_{i,j}$ ($i = M, m$; $j = 1, 2, 3$) sowie die Geschwindigkeitswerte $v_{M,0}$ und $v_{m,0}$ werden dabei beispielsweise in Fahrversuchen bestimmt.

Ein Regelanteil M_{reg} des Zusatzlenkmoments δM wird durch den Regler 260 bestimmt. Ein Blockschaltbild eines vorteilhaften Reglers 260 ist in der Figur 6 dargestellt. Der Regelanteil M_{reg} setzt sich in dieser Ausführungsform des Reglers 260 additiv aus einem ersten Anteil und einem zweiten Anteil zusammen.

Der erste Anteil wird durch eine Verstärkung der Regelabweichung zwischen dem Solllenkwinkel δ_{soll} und dem momentan vorliegenden Lenkwinkel δ_R an den lenkbaren Rädern des Fahrzeugs mit einem vorbestimmten Faktor K_2 durch einen Proportionalregler bestimmt.

Der zweite Anteil ergibt sich aus einer Regelabweichung der Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\delta}_R$ und wird in einem Zweig des Reglers 260 bestimmt, der als Kaskadenregler ausgeführt ist. Die Führungsgröße für einen inneren Regler wird dabei aus der Multiplikation der Regelabweichung $\delta_{soll} - \delta_R$ des Lenkwinkels mit einem vorbestimmten Faktor K_1 und entspricht einer Soll-Lenkwinkeländerung. Die Regelabweichung ergibt sich aus der Differenz $K_1(\delta_{soll} - \delta_R) - \dot{\delta}_R$ zwischen der Soll-Lenkwinkeländerung und der gemessenen Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\delta}_R$.

Der innere Regler des Kaskadenreglers ist vorzugsweise als PD-Regler ausgeführt, so dass sich der zweite Anteil des Regelanteils M_{reg} des Zusatzlenkmoments wie folgt ergibt:

$$K_{2,P} \cdot [K_1 \cdot (\delta_{soll} - \delta_R) - \dot{\delta}_R] + K_{2,D} \cdot \frac{d}{dt} [K_1 \cdot (\delta_{soll} - \delta_R) - \dot{\delta}_R] \quad (18)$$

Anhand dieses zweiten Anteils des Regelanteils M_{reg} des Zusatzlenkmoments kann das Regelsystem sehr schnell und wirkungsvoll eingreifen, wenn die Differenz zwischen dem Soll-Lenkwinkel δ_{soll} und dem momentanen Lenkwinkel δ_R durch Lenk-

bewegungen des Fahrers vergrößert wird. Die Verstärkungen $K_{2,F}$ und $K_{2,D}$ werden dabei in Fahrversuchen ermittelt.

Ein weiterer Anteil $M_{Stör}$ des Zusatzlenkmoments δM ergibt sich
5 aus dem mit einem Faktor K_S verstärkten geschätzten Lastlenk-
moment M_L und wird in dem Block 270 bestimmt, der in einer
bevorzugten Ausführungsform in einem Blockschaltbild in der
Figur 7 dargestellt ist.

10 Die Berücksichtigung des Anteils $M_{Stör}$ entspricht dabei einer
Störgrößenaufschaltung, die es hier ermöglicht, die Fahrbahn-
beschaffenheit zu berücksichtigen, die Lenkwinkelregelung je-
doch in einfacher Weise unabhängig von diesem Einfluss durch-
führen zu können.

15

Zum Bestimmen des Zusatzlenkmoments δM werden die Anteile
 M_{Steuer} , M_{reg} und $M_{Stör}$ addiert. Die Summe wird ferner mit dem
durch die Aktivierungslogik in Block 240 bestimmten μ -Split-
Aktiv-Flag multipliziert, so dass die Lenkmomentanforderung
20 M_{DSR} nur dann besteht, wenn das μ -Split-Aktiv-Flag den Wert 1
aufweist.

Zur Bestimmung der Lenkmomentanforderung M_{DSR} ist eine Limi-
tierung des Zusatzlenkmoments δM vorgesehen, die in Abhängig-
25 keit des momentanen Fahrzustands und des momentanen Fahrer-
verhaltens durchgeführt wird. Ein Blockschaltbild einer be-
vorzugten Limitierungskomponente ist in der Figur 8 darge-
stellt.

30 In dem Block 810 wird eine geschwindigkeitsabhängige Limitie-
rung vorgenommen, wobei in einem unteren Geschwindigkeitsbe-
reich eine stärkere Begrenzung des Zusatzlenkmoments δM er-
folgt, als in einem mittleren Geschwindigkeitsbereich. Es hat
sich gezeigt, dass eine derartige geschwindigkeitsabhängige

Limitierung vom Fahrer als besonders komfortabel angesehen wird. In Bereichen hoher Geschwindigkeit wird eine starke Begrenzung des Zusatzlenkmoments δM vorgenommen, da Eingriffe hier bei einem Fehlverhalten des Fahrers zu einem erheblichen Schaden führen können:

Die Begrenzung innerhalb des Blocks 810 wird vorzugsweise anhand einer Kennlinie vorgenommen, die beispielsweise in Fahrversuchen bestimmt wird.

10

Der Block 820 verringert das Zusatzlenkmoment δM mit einer größer werdenden Zeitdauer des Regeleingriffs. Hierdurch wird verhindert, dass aufgrund wachsender Fehler bei der Bestimmung der Eingangsgrößen, wie beispielsweise den Bremsdrücken $p_{Rad,i}$ oder wachsenden Schätzfehlern, beispielsweise bei der Schätzung des Kurslenkwinkels δ_{Kurs} bei einem Bremsvorgang während der Fahrt durch eine Kurve, fehlerhaft Regeleingriffe vorgenommen werden. In der Regel wird der Fahrzeugbediener dabei nach einer gewissen Zeitdauer des Eingriffs, in der er auf die Gefahrensituation aufmerksam gemacht und zur Stabilisierung des Fahrzeugs angeleitet wird, selbst in der Lage sein, die Aufgabe der Lenkwinkelregel vollständig zu übernehmen.

20

25 Ferner ist eine Limitierung vorgesehen, die das Verhalten des Fahrzeugbedieners berücksichtigt. In dem Block 830 wird dabei aus dem Handlenkmoment M_H und der momentanen Regelabweichung $\delta_{Soll} - \delta_R$ des Lenkwinkels ermittelt, ob der Fahrzeugbediener den Vorgaben des Regelsystems folgt, oder ob er sich ihnen widersetzt. Dabei kann durch eine zeitlich fortschreitende Betrachtung und Auswertung dieser Größen eine Größe gebildet werden, die ein Maß für das Widersetzen des Fahrers ist. Überschreitet diese Größe einen vorbestimmten Schwellenwert,

30

wird das Zusatzlenkmoment δM durch den Block 830 bis auf den Wert Null reduziert.

5 Ferner wird in dem Block 840 eine Dynamikbegrenzung durchgeführt, bei welcher der Anstieg bzw. der Abfall des Zusatzlenkmoments δM begrenzt wird, um ein zu schnelles Aufbringen des Zusatzlenkmoments auf das Lenkrad zu verhindern. Ohne diese Begrenzung wäre es bei einer sehr hohen Dynamik des EPS-Aktuators möglich, dass dem Fahrzeugbediener das Lenkrad
10 durch ein plötzliches Einsteuern des Zusatzlenkmoments aus der Hand geschlagen wird.

Als Ausgangssignal der in der Figur 8 dargestellten Limitierungskomponente ergibt sich ein limitiertes Zusatzlenkmoment
15 δM , welches die Lenkmomentanforderung M_{DSR} darstellt, die an den EPS-Servomotor übergeben wird. Dieser steuert das Lenkmoment M_{DSR} in den Lenkstrang ein, so dass der Fahrer beim Gegenlenken in einer μ -Split-Situation unterstützt wird.

20 Hierdurch kann der Fahrer das Fahrzeug schneller stabilisieren und es wird möglich den Bremsdruck in den Radbremsen auf der Hochreibwertseite schneller an die Fahrervorgabe anzupassen.

25 Durch das dargestellte Regelungssystem kann das Fahrzeug während einer μ -Split-Bremse somit zuverlässiger und schneller stabilisiert werden. Der Bremsweg des Fahrzeugs kann damit in einer solchen Situation verkürzt werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Unterstützen eines Fahrzeugbedieners bei einem Einstellen eines Solllenkwinkels an lenkbaren Rädern eines Fahrzeugs zur Stabilisierung des Fahrzeugs, bei dem ein Lenkstrang des Fahrzeugs mit einem Zusatzlenkmoment beaufschlagt wird, das in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und einem momentanen Lenkwinkel bestimmt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Wert eines auf den Lenkstrang des Fahrzeugs wirkenden Lastmoments geschätzt wird, und dass das Zusatzlenkmoment in Abhängigkeit des geschätzten Wertes für das Lastmoment ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zusatzlenkmoment aus wenigstens zwei additiven Anteilen gebildet wird, wobei ein erster Anteil in Abhängigkeit der Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und dem momentanen Lenkwinkel bestimmt wird, und wobei ein zweiter Anteil in Abhängigkeit des geschätzten Wertes des Lastmoments ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Lastmoment durch einen Störgrößenbeobachter geschätzt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Anteil des Solllenkwinkels in einem inversen Fahrzeugmodell in Abhängigkeit eines Störgiermoments be-

- 33 -

stimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Anteil des Solllenkwinkels in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen einem Gierwinkel des Fahrzeugs und einem vorbestimmten Wert des Gierwinkels bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Anteil des Solllenkwinkels ein geschätzter Kurslenkwinkel ist.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Anteil des Zusatzlenkmoments einen vorbestimmten Betrag hat.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Anteil des Zusatzlenkwinkels mit dem vorbestimmten Betrag für eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Beginn eines Bremsvorgangs eingestellt wird.
9. Vorrichtung zum Unterstützen eines Fahrzeugbedieners bei einem Einstellen eines Solllenkwinkels an wenigstens einem lenkbaren Rad des Fahrzeugs zur Stabilisierung des Fahrzeugs, beinhaltend ein Mittel zum Einstellen eines Zusatzlenkmoments, das von einer Regeleinheit in Abhängigkeit einer Abweichung zwischen dem Solllenkwinkel und einem momentanen Lenkwinkel des Fahrzeugs bestimmt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein Schätzmittel zum Schätzen eines auf den Lenkstrang wirkenden Lastmoments aus Signalen von in den

- 34 -

Lenkstrang eingebrachten Sensoren enthalten ist, wobei das Schätzmittel mit einem weiteren Mittel verbunden ist, das aus in dem Schätzmittel ermittelten Schätzergebnissen für das Lastmoment einen Anteil des Zusatzlenkmoments ermittelt, das durch einen Addierer zu dem durch die Regelungseinheit ermittelten Lenkmoment addiert wird, und wobei das Mittel zum Einstellen des Zusatzlenkmoments von dem Ausgangssignal des Addierers angesteuert wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass es sich bei den Sensoren wenigstens um einen Lenkwinkelsensor, um einen Sensor zum Messen eines den Fahrerlenkwunsch repräsentierenden Handlenkmoments und um einen Sensor zum Messen des Zusatzlenkmoments handelt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 und 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Schätzmittel zum Schätzen des Lastmoments als Störgrößenbeobachter ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass es sich bei dem Mittel zum Einstellen des Zusatzlenkmoments um einen Servomotor einer elektrischen Servolenkung handelt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass es sich bei dem Mittel zum Einstellen des Zusatzlenkmoments um eine hydraulische Servolenkung handelt.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,

dadurch gekennzeichnet,

- 35 -

dass es sich bei dem Mittel zum Einstellen des Zusatzlenkmoments um eine Steer-by-Wire-Lenkung handelt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass ein Vorsteuermittel mit dem Addierer verbunden ist, das dem Addierer für eine vorbestimmte Zeitdauer ein Zusatzlenkmoment mit einem vorbestimmten Wert übergibt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass sie Erkennungsmittel zum Erkennen eines Fahrzustands umfasst, welche in Abhängigkeit eines erkannten Fahrzustandes ein Aktivierungssignal an einen Multiplikator übermitteln, der das Aktivierungssignal mit dem ermittelten Zusatzlenkmoment multipliziert.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Aktivierungssignal den Wert 1 annimmt, wenn durch das Erkennungsmittel ein Bremsvorgang auf einer inhomogenen Fahrbahn ermittelt wird.

Figuren:

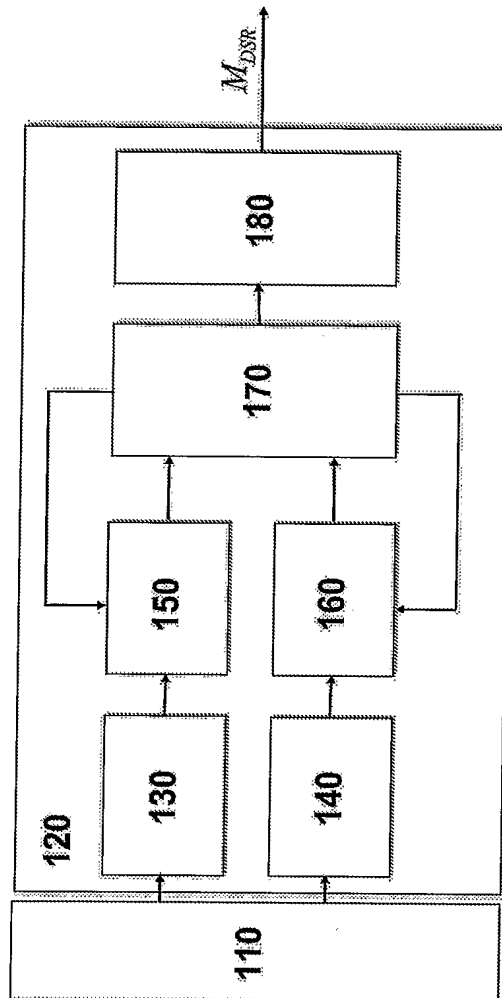


Fig. 1

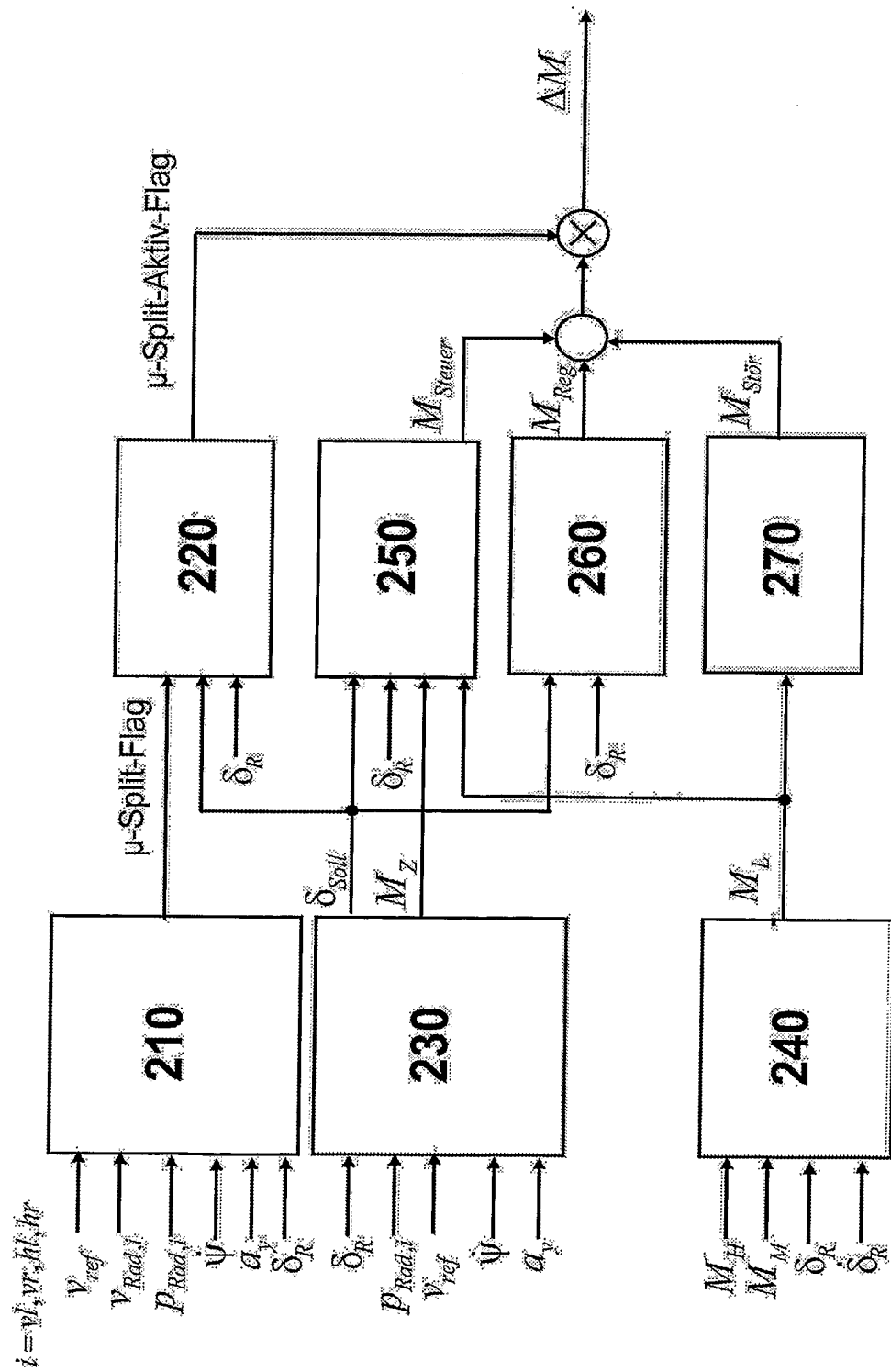


Fig. 2

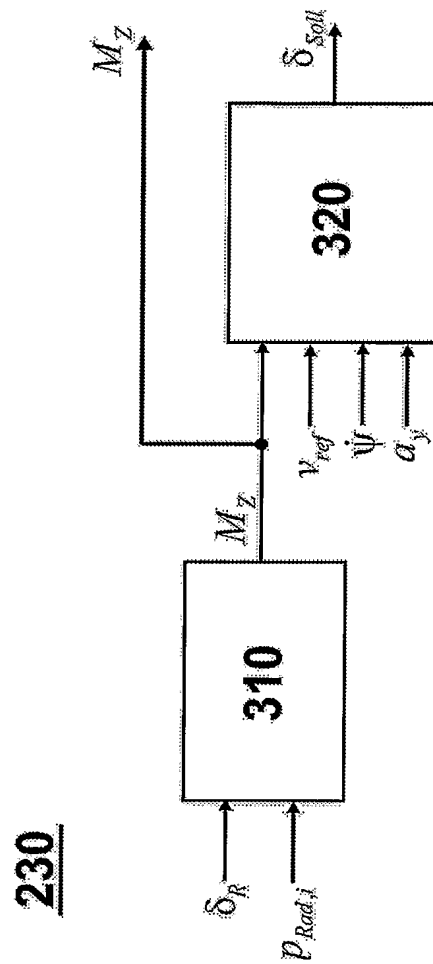


Fig. 3

240

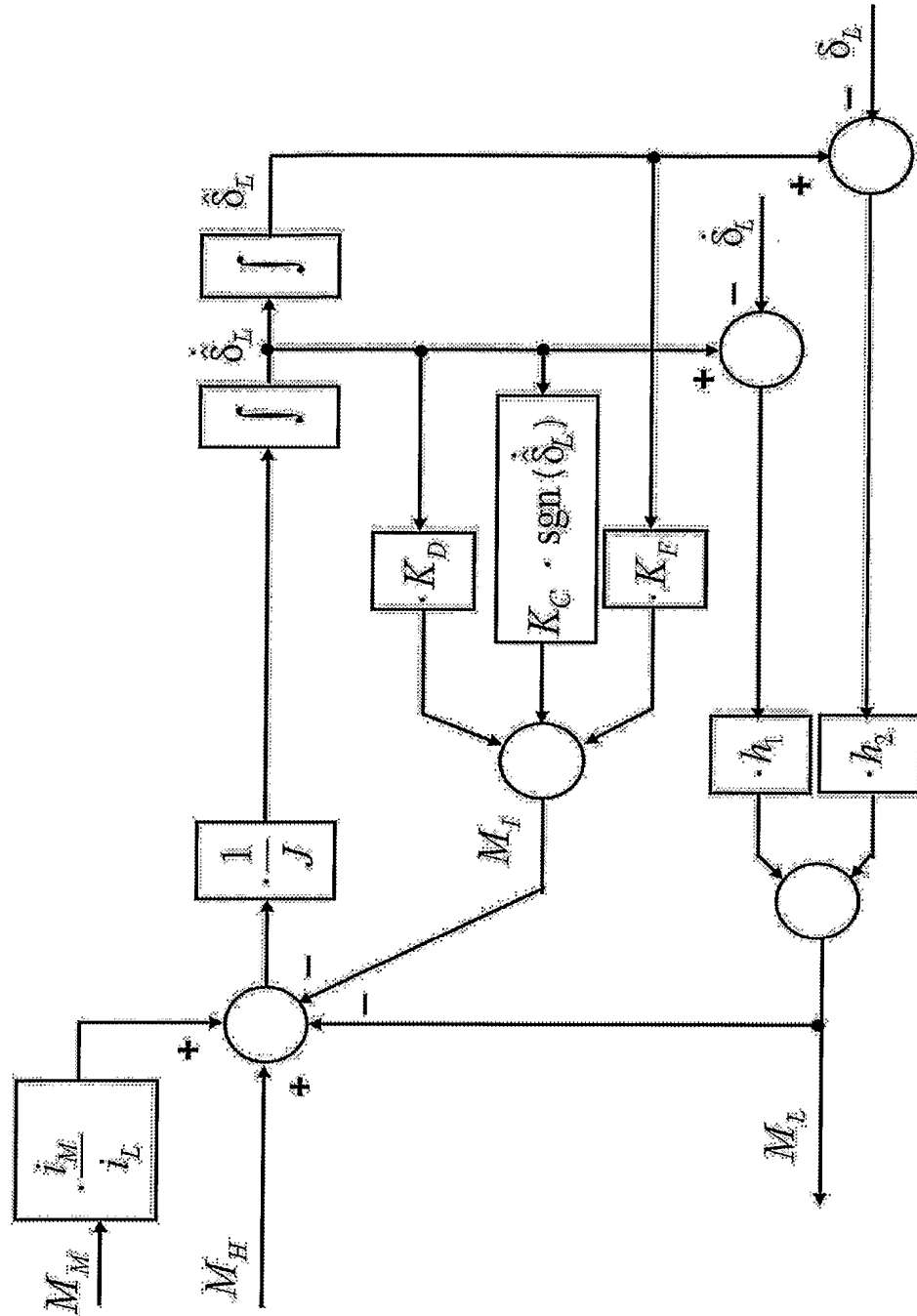


Fig. 4

240

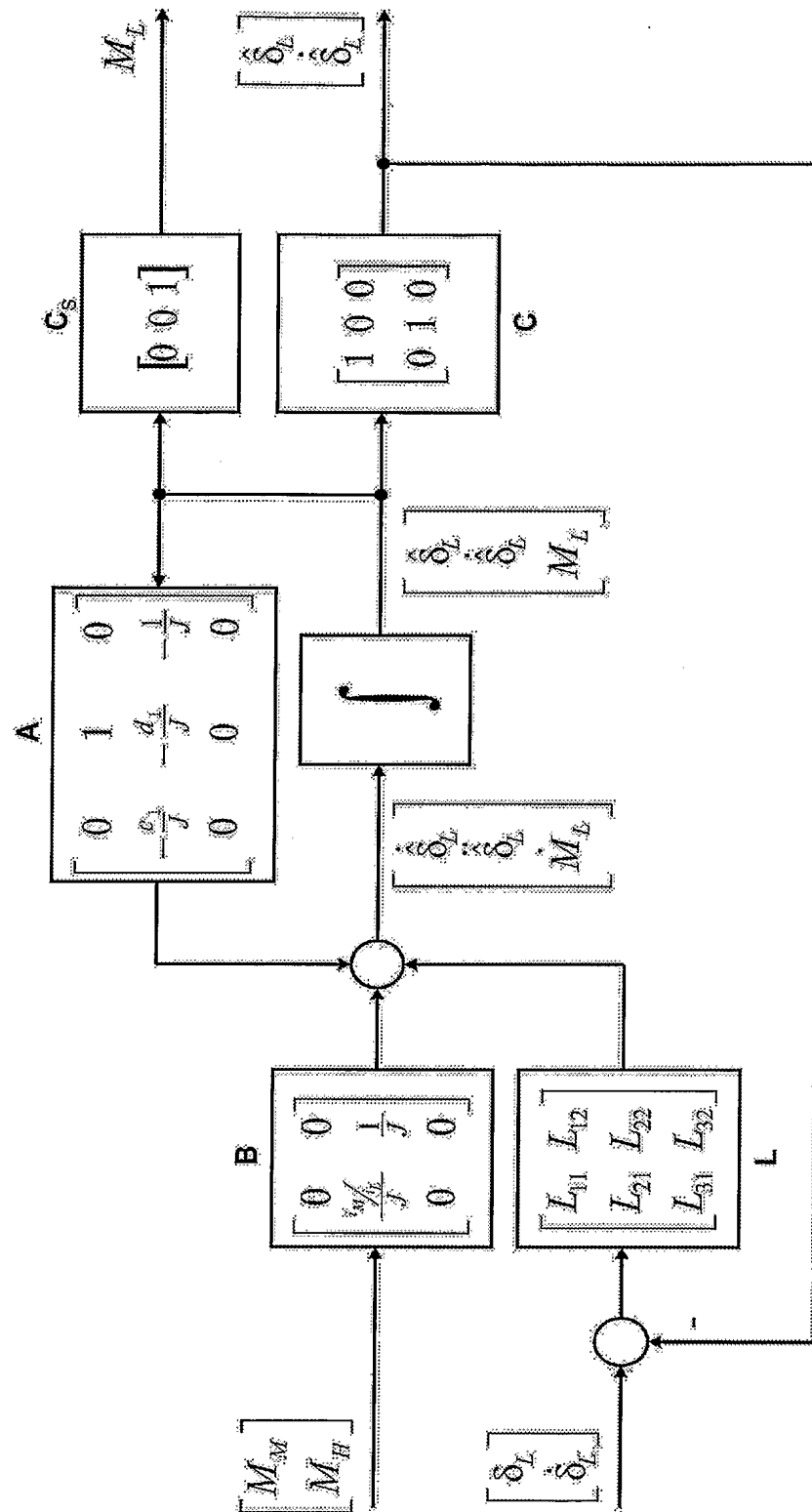


Fig. 5

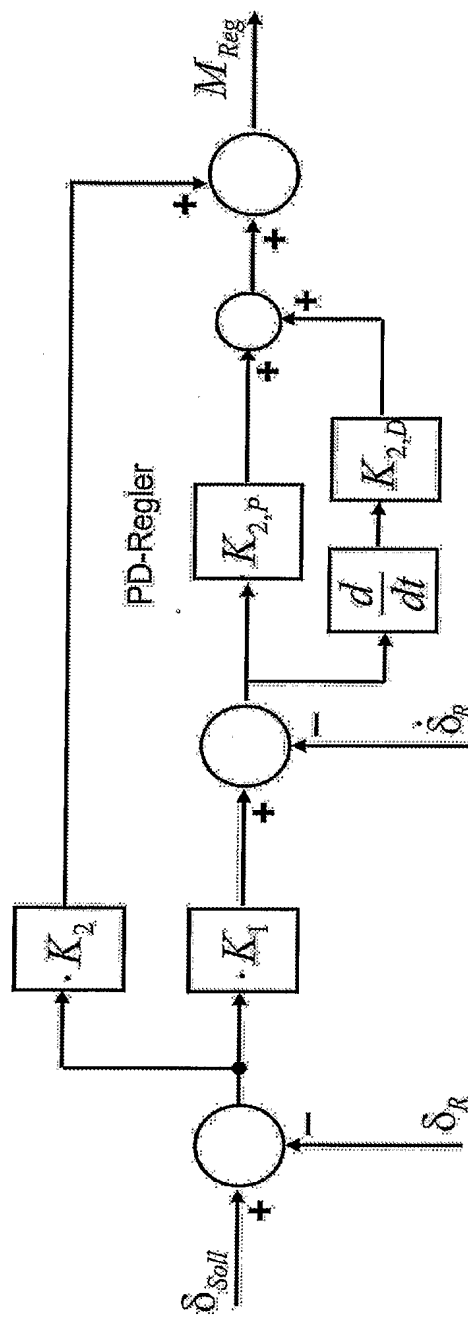
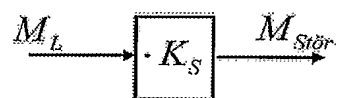
260

Fig. 6

270**Fig. 7**

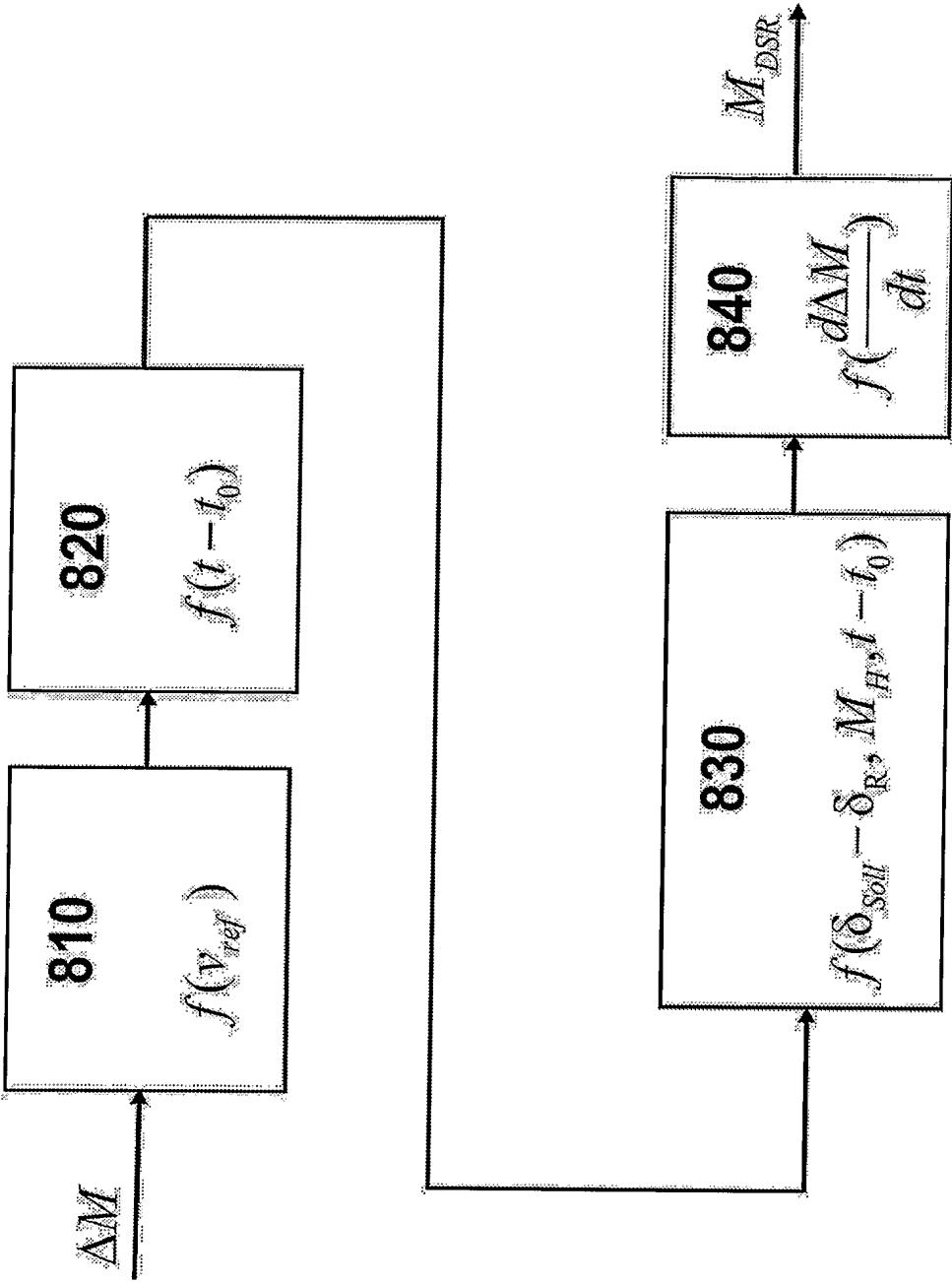


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/E²2004/053272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B62D6/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B62D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 125 823 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC; FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 22 August 2001 (2001-08-22)	1,9
Y	column 3 - column 7 figures 1-4	2-8, 10-17
Y	WO 02/074607 A (LUCAS INDUSTRIES LIMITED; BARTON, ANDREW, DENNIS; FARRELLY, JAMES, OWE) 26 September 2002 (2002-09-26) the whole document	2-8, 10-17
Y	DE 100 32 340 A1 (ROBERT BOSCH GMBH; ZF LENKSYSTEME GMBH) 31 January 2002 (2002-01-31) the whole document	2-8, 10-17
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 April 2005

Date of mailing of the international search report

19/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Billen, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/053272

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 348 610 A (TOYODA KOKI KABUSHIKI KAISHA; ADVICS CO., LTD) 1 October 2003 (2003-10-01) the whole document -----	1-17
A	DE 101 15 018 A1 (MERCEDES-BENZ LENKUNGEN GMBH) 28 November 2002 (2002-11-28) column 2 - column 4 figures 1-4 -----	1-17
A	DE 100 39 782 A1 (DAIMLERCHRYSLER AG) 28 February 2002 (2002-02-28) the whole document -----	1-17
A	DE 199 12 169 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 6 July 2000 (2000-07-06) the whole document -----	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053272

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1125823	A	22-08-2001	US 6425454 B1 DE 60107126 D1 EP 1125823 A1	30-07-2002 23-12-2004 22-08-2001
WO 02074607	A	26-09-2002	EP 1370456 A1 WO 02074607 A1	17-12-2003 26-09-2002
DE 10032340	A1	31-01-2002	WO 0202389 A1 EP 1301387 A1 JP 2004502587 T US 6640923 B1	10-01-2002 16-04-2003 29-01-2004 04-11-2003
EP 1348610	A	01-10-2003	JP 2003291840 A JP 2003291841 A EP 1348610 A2 US 2003213640 A1	15-10-2003 15-10-2003 01-10-2003 20-11-2003
DE 10115018	A1	28-11-2002	AT 278597 T CN 1492819 A DE 50201228 D1 WO 02076806 A1 EP 1373051 A1 JP 2004521005 T US 2004084241 A1	15-10-2004 28-04-2004 11-11-2004 03-10-2002 02-01-2004 15-07-2004 06-05-2004
DE 10039782	A1	28-02-2002	WO 0214137 A1 EP 1227965 A1 JP 2004505855 T US 2004015284 A1	21-02-2002 07-08-2002 26-02-2004 22-01-2004
DE 19912169	A1	06-07-2000	JP 2000198453 A US 6219604 B1	18-07-2000 17-04-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B62D6/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B62D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 125 823 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC; FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 22. August 2001 (2001-08-22)	1,9
Y	Spalte 3 - Spalte 7 Abbildungen 1-4	2-8, 10-17
Y	WO 02/074607 A (LUCAS INDUSTRIES LIMITED; BARTON, ANDREW, DENNIS; FARRELLY, JAMES, OWE) 26. September 2002 (2002-09-26) das ganze Dokument	2-8, 10-17
Y	DE 100 32 340 A1 (ROBERT BOSCH GMBH; ZF LENKSYSTEME GMBH) 31. Januar 2002 (2002-01-31) das ganze Dokument	2-8, 10-17
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. April 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Billen, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/053272

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 348 610 A (TOYODA KOKI KABUSHIKI KAISHA; ADVICS CO., LTD) 1. Oktober 2003 (2003-10-01) das ganze Dokument -----	1-17
A	DE 101 15 018 A1 (MERCEDES-BENZ LENKUNGEN GMBH) 28. November 2002 (2002-11-28) Spalte 2 – Spalte 4 Abbildungen 1-4 -----	1-17
A	DE 100 39 782 A1 (DAIMLERCHRYSLER AG) 28. Februar 2002 (2002-02-28) das ganze Dokument -----	1-17
A	DE 199 12 169 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 6. Juli 2000 (2000-07-06) das ganze Dokument -----	1-17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053272

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1125823	A	22-08-2001	US 6425454 B1	30-07-2002
			DE 60107126 D1	23-12-2004
			EP 1125823 A1	22-08-2001
WO 02074607	A	26-09-2002	EP 1370456 A1	17-12-2003
			WO 02074607 A1	26-09-2002
DE 10032340	A1	31-01-2002	WO 0202389 A1	10-01-2002
			EP 1301387 A1	16-04-2003
			JP 2004502587 T	29-01-2004
			US 6640923 B1	04-11-2003
EP 1348610	A	01-10-2003	JP 2003291840 A	15-10-2003
			JP 2003291841 A	15-10-2003
			EP 1348610 A2	01-10-2003
			US 2003213640 A1	20-11-2003
DE 10115018	A1	28-11-2002	AT 278597 T	15-10-2004
			CN 1492819 A	28-04-2004
			DE 50201228 D1	11-11-2004
			WO 02076806 A1	03-10-2002
			EP 1373051 A1	02-01-2004
			JP 2004521005 T	15-07-2004
			US 2004084241 A1	06-05-2004
DE 10039782	A1	28-02-2002	WO 0214137 A1	21-02-2002
			EP 1227965 A1	07-08-2002
			JP 2004505855 T	26-02-2004
			US 2004015284 A1	22-01-2004
DE 19912169	A1	06-07-2000	JP 2000198453 A	18-07-2000
			US 6219604 B1	17-04-2001